



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 30 227 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 16 C 33/66**  
F 16 C 33/34  
F 04 B 27/08

②1 Aktenzeichen: P 41 30 227.3  
②2 Anmeldetag: 11. 9. 91  
④3 Offenlegungstag: 3. 9. 92

DE 41 30 227 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

21.02.91 JP 3-27146

⑦1 Anmelder:

NTN Corp., Osaka, JP

⑦4 Vertreter:

Schwan, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder:

Akamatsu, Yoshinobu, Kuwana, Mie, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Lager zur Verwendung in Kompressoren für Klimageräte

⑤7 Wälzlager zur Verwendung in Kompressoren für Klimageräte. Die Wälzkörper oder die Lagerringe sind an ihrer Oberfläche mit einer Vielzahl von unabhängigen, willkürlich verteilten, winzigen Ausnehmungen versehen. Mit Ausnahme der Ausnehmungen ist die Oberfläche glatt, und die Ausnehmungen haben in der axialen Richtung und in der Umgangsrichtung im wesentlichen die gleiche Größe.

DE 41 30 227 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Lager zur Verwendung in Kompressoren für Klimageräte.

Es sind verschiedene Arten von Kompressoren für Klimageräte bekannt. Ein Ausführungsbeispiel eines solchen Kompressors ist in Fig. 10 dargestellt. Der Kompressor weist einen Kolben 3 auf, der mittels einer Scheibe 2 hin- und herbewegt wird. Beide Seiten der Scheibe 2 sind schräg geneigt, und die Scheibe ist auf einer rotierenden Antriebswelle 1 befestigt. Bei einem anderen, in Fig. 11 dargestellten Kompressortyp wird ein Kolben 7 über eine Stange 6 mittels einer Scheibe 5 hin- und herbewegt, die auf einer rotierenden Antriebswelle 4 befestigt ist und deren eine Seite schräg geneigt ist. Ein Kompressor mit variabler Kapazität ist in Fig. 12 veranschaulicht. Dabei wird ein Kolben 11 über eine Stange 10 mittels einer Schiefscheibe 9 hin- und herbewegt, die auf einer rotierenden Antriebswelle 8 mit einstellbarem Winkel angebracht ist. Alle diese Kompressorarten sind an ihrem rotierenden Teil mit Wälzlager ausstattet.

Im Falle des in Fig. 10 veranschaulichten Kompressors werden mit einem Käfig versehene Nadellager 21 und Axialnadellager 22 verwendet. Der in Fig. 11 dargestellte Kompressor weist Aufstecknadellager 23 und Axialnadellager 22 auf. Der in Fig. 12 gezeigte Kompressor ist mit Axialnadellagern 22 und Nadellagern 21 versehen, die mit einem Käfig ausgestattet sind.

Solche für Klimageräte benutzte Kompressoren enthalten ein Gemisch aus einem Schmiermittel für die Lager und einem Kälteträger. Das Schmiermittel wird aufgrund der von dem Kompressor verursachten Verdichtung und Entspannung wiederholt verflüssigt und verdampft. Ein solches Schmiermittel ist daher wesentlich härteren Bedingungen ausgesetzt als gewöhnliche Hydrauliköle.

Lager in Kompressoren für Klimageräte sind in der Regel schlecht geschmiert, weil der Kälteträger sich mit dem Schmiermittel zu mischen sucht und die Schmiermittelmenge abzunehmen neigt. Dadurch können Abplatzschäden an den Wälzflächen verursacht werden, die zu vorzeitigem Lagerausfall führen können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Wälzlager zur Verwendung in Kompressoren für Klimageräte zu schaffen, das ein hohes Ölfilm-Bildungsvermögen an den Wälzkontaktteilen hat, und das gegen Abplatzschäden geschützt ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Wälzlager zur Verwendung in Kompressoren für Klimageräte, mit Wälzkörpern und Lagerringen, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die Wälzkörper oder die Lagerringe an ihrer Oberfläche mit einer Vielzahl von willkürlich verteilten, winzigen Ausnehmungen versehen sind, daß diese Oberfläche ein Verhältnis  $RMS(L)/RMS(C)$  von höchstens 1,0 hat, wobei  $RMS(L)$  die Oberflächenrauheit in der Axialrichtung und  $RMS(C)$  die Oberflächenrauheit in der Umfangsrichtung ist, daß der SK-Wert, der die Schiefe der Kurve für die Amplitudenverteilung der Oberflächenrauheit repräsentiert, kleiner als Null ist, und daß das Verhältnis der Gesamtfläche der winzigen Ausnehmungen zu der gesamten Oberfläche zwischen 10 und 40% liegt.

In bevorzugter weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist dafür gesorgt, daß der äquivalente Kreisdurchmesser der winzigen Ausnehmungen höchsten 150  $\mu m$  beträgt und daß die mittlere Fläche der winzigen Ausnehmungen, errechnet unter Ausschluß von Ausnehmungen mit einem äquivalenten Kreisdurchmesser von höchstens 3  $\mu m$ , 35 bis 150  $\mu m^2$  beträgt.

Bei einer solchen Ausbildung ist das Ölfilm-Bildungsvermögen an den Wälzflächen verbessert. Es zeigt sich, daß an den Wälzflächen selbst unter schwierigen Schmierbedingungen keine Abplatzschäden auftraten, so daß die Lebensdauer der Lager verlängert ist.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittdarstellung eines Nadellagers nach der Erfindung,

Fig. 2 eine graphische Darstellung des Oberflächen-Fertigzustandes eines konventionellen Wälzkörpers,

Fig. 3 eine graphische Darstellung des Oberflächen-Fertigzustandes des Wälzkörpers nach der Erfindung,

Fig. 4 eine Schnittdarstellung eines für Lebensdauertests verwendeten Nadellagers,

Fig. 5 eine schematische Darstellung des Testgerätes,

Fig. 6 eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen dem Flächenverhältnis der winzigen Ausnehmungen und der Lebensdauer,

Fig. 7 eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen der mittleren Fläche der winzigen Ausnehmungen und der Lebensdauer,

Fig. 8 eine graphische Darstellung des Verhältnisses für den metallischen Kontakt bei einem bekannten Lager,

Fig. 9 eine graphische Darstellung des Verhältnisses für den metallischen Kontakt bei dem Lager nach der Erfindung,

Fig. 10 eine Schnittdarstellung eines Kompressors mit einer an beiden Seiten abgeschrägten Scheibe,

Fig. 11 eine Schnittdarstellung eines Kompressors mit einer an einer Seite abgeschrägten Scheibe, und

Fig. 12 eine Schnittdarstellung eines Kompressors, bei dem eine an einer Seite abgeschrägte, verstellbare Scheibe vorgesehen ist.

Fig. 1 zeigt ein Nadellager 21 mit einem Käfig 33 zur Montage in Kompressoren für Klimageräte, wie sie in den Fig. 10 bis 12 dargestellt sind. Das Lager weist einen Außenring 31 und den Käfig 33 auf, welcher Wälzkörper 32 in regelmäßigen Abständen hält. Das Lager dient der Abstützung einer Welle 34 über die Wälzkörper 32.

Jeder Wälzkörper 32 des Nadellagers 21 weist eine raue Oberfläche 32a auf, an der eine Vielzahl von unabhängigen winzigen Ausnehmungen in willkürlicher Verteilung ausgebildet ist. Im Bereich anderer Teile als den Ausnehmungen ist die Außenfläche des Wälzkörpers glatt ausgebildet. Die raue Oberfläche 32a hat ein  $RMS(L)/RMS(C)$ -Verhältnis von 1,0 oder weniger, beispielsweise von 0,7 bis 1,0, wobei  $RMS(L)$  die Oberflächenrauheit in der Axialrichtung und  $RMS(C)$  die Oberflächenrauheit in der Umfangsrichtung ist. Der SK-Wert, bei dem es sich um einen weiteren Parameter der Oberflächenrauheit handelt, ist sowohl in der Axialrichtung

als auch in der Umfangsrichtung kleiner als Null, z. B. - 1,6 oder kleiner.

Die mit einer solchen Rauheit versehene Außenumfangsfläche kann durch ein besonderes Trommeln oder Abziehen hergestellt werden.

Der SK-Wert repräsentiert die Schiefe der Kurve für die Amplitudenverteilung der Oberflächenrauheit. Wenn die Rauheitsverteilung eine symmetrische Kurve bildet, beispielsweise eine Gauss'sche Verteilungskurve, ist der SK-Wert gleich Null. Es wurde gefunden, daß die Form und Verteilung der winzigen Ausnehmungen zur Bildung des Ölfilms dann besonders wirkungsvoll beiträgt, wenn die SK-Werte in der Axialrichtung und der Umfangsrichtung nicht mehr als - 1,6 betragen.

Das Flächenverhältnis der Gesamtfläche der winzigen Ausnehmungen zu der gesamten Wälzfläche des Wälzkörpers 32 liegt zwischen 10 und 40%. Der äquivalente Kreisdurchmesser jeder winzigen Ausnehmung beträgt vorzugsweise 150  $\mu\text{m}$  oder weniger. Die mittlere Fläche der Ausnehmungen, gemessen oder errechnet unter Ausschluß von Ausnehmungen mit äquivalenten Kreisdurchmesser von höchstens 3  $\mu\text{m}$ , liegt vorzugsweise zwischen 35 und 150  $\mu\text{m}^2$ .

Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 sind die Wälzkörper 32 mit der rauhen Oberfläche 32a versehen. Eine solche raue Oberfläche kann jedoch auch an der Wälzfläche eines als Lagerring vorgesehenen Innen- oder Außenringes ausgebildet sein.

Zu Vergleichszwecken zeigt Fig. 2 den Zustand der fertigbearbeiteten Oberfläche eines herkömmlichen Wälzkörpers, während in Fig. 3 der Zustand der fertigbearbeiteten Oberfläche eines Wälzkörpers oder eines Innen- oder Außenringes nach der Erfindung veranschaulicht ist.

Eine quantitative Messung der winzigen Ausnehmungen kann erfolgen, indem das Bild der Wälzfläche unter Verwendung eines handelsüblichen Bildanalysators vergrößert und analysiert wird.

Die weißen Teile und die schwarzen Teile des Bildes werden als die flachen Teile bzw. die winzigen Ausnehmungen erfaßt. Wenn für die Analyse beispielsweise ein Bildanalysator verwendet wird, werden die Hell- und Schattenbereiche des Originals durch Verwendung eines entsprechenden Filters deutlicher dargestellt. Diejenigen Ausnehmungen, deren äquivalenter Kreisdurchmesser nicht mehr als 3  $\mu\text{m}$  beträgt und die als sehr kleine schwarze Flecken erscheinen, werden mittels eines Rauschunterdrückers unterdrückt.

Danach wird die Wälzfläche analysiert, indem die Größe und die Verteilung der winzigen Ausnehmungen gemessen werden und indem das Verhältnis der Gesamtfläche der winzigen Ausnehmungen zu der gesamten Oberfläche ermittelt wird.

Es wurden Nadellager hergestellt, bei denen an der Oberfläche der Wälzkörper winzige Ausnehmungen mit unterschiedlichen Flächenverhältnissen, mittleren Flächen und mittleren äquivalenten Kreisdurchmessern ausgebildet waren. Diese Lager wurden einem Lebensdauertest unterzogen, wobei die Lager Radiallast ausgesetzt wurden.

Wie aus Fig. 4 hervorgeht, waren die für die Lebensdauertests benutzten Nadellager mit jeweils 14 Wälzkörpern ausgestattet, die in dem Käfig 33 gehalten waren. Die Lager hatten einen Außendurchmesser  $D_r$  von 38 mm und einen Innendurchmesser  $d_r$  von 28 mm. Die Wälzkörper hatten einen Durchmesser  $D$  von 5 mm und eine Länge  $L$  von 13 mm.

Die benutzte Testvorrichtung war ein Radiallasttestgerät 41 der in Fig. 5 veranschaulichten Art. Die zu prüfenden Lager A wurden an beiden Seiten einer rotierenden Welle 42 angeordnet. Die Lager wurden gedreht, während eine Last auf die Lager aufgebracht wurde.

Die Innenlauffläche (oder Gegenwelle), die bei dem Test benutzt wurde, hatte ein durch Schleifen hergestelltes Oberflächenfinish  $R_{\text{max}}$  von 0,4 bis 4  $\mu\text{m}$ . Die verwendete Außenlauffläche (Außenring) hatte ein gleichfalls durch Schleifen hergestelltes Oberflächenfinish  $R_{\text{max}}$  von 1,6  $\mu\text{m}$ .

Die Versuchsbedingungen waren wie folgt gewählt:

Auf die Lager einwirkende Radiallast:	14 367 N
Drehzahl:	3050 U/min
Schmiermittel:	Turbinenöl

Fig. 6 zeigt die Beziehung zwischen dem Flächenverhältnis der winzigen Ausnehmungen und der Lebensdauer. In Fig. 7 ist die Abhängigkeit zwischen der mittleren Fläche der winzigen Ausnehmungen und der Lebensdauer dargestellt.

Die Fig. 6 und 7 lassen erkennen, daß bei Lagern mit einem Flächenverhältnis von 10% oder mehr und einer mittleren Fläche von 35  $\mu\text{m}^2$  oder mehr das Verhältnis zwischen der nutzbaren Lebensdauer ( $L_{10}$ ) und der errechneten Lebensdauer ( $L_h$ ) 4 oder mehr beträgt, was ausreichend hoch ist.

Bei dem vorstehend erläuterten Lebensdauertest waren die winzigen Ausnehmungen an den Oberflächen der Wälzkörper jedes Nadellagers ausgebildet. Es zeigte sich jedoch, daß die nutzbare Lebensdauer in gleicher Weise verbessert wird, wenn solche winzige Ausnehmungen an der Wälzfläche des Innenringes oder des Außenringes eines Wälzlagers vorgesehen werden.

Wenn das Flächenverhältnis größer als 30 % ist oder die mittlere Fläche mehr als 120  $\mu\text{m}^2$  beträgt, nimmt der günstige Einfluß auf die nutzbare Lebensdauer ab, weil die effektive Kontaktlänge kleiner wird.

Das erfindungsgemäße Lager und bekannte Lager wurden einem beschleunigten Abplatztest unterzogen, um das Ölfilm-Bildungsvermögen und die Abplatzschutzeigenschaften der fertigen Oberflächen der Wälzelemente zu kontrollieren. Dabei wurde ein Ring-Ring-Testgerät verwendet, bei dem freie Wälzkontaktbedingungen gegeben waren. Der Zustand der Ölbildung im Kontaktbereich wurde als Verhältnis für den metallischen Kontakt ausgedrückt. Der entsprechende Wert wurde nach der Gleichstrom-Widerstandsmethode ermittelt. Nach einer vorbestimmten Zeitspanne wurde geprüft, ob an der Ringoberfläche ein Abplatzen eingesetzt hatte.

## Versuchsbedingungen:

maximaler Kontaktflächendruck:	22.261 bar
Umfangsgeschwindigkeit:	4,2 m/s (2000 U/min)
Schmiermittel:	Kältemaschinenöl für Kompressoren
Anzahl der Lastbeaufschlagungen:	$4,8 \times 10^5$ (4 Stunden)
angelegte Spannung:	60 mV
durchgeleiteter Strom:	3 mA

Die Fig. 8 und 9 zeigen die bei diesem Test gemessenen Verhältnisse für die Ölfilmbildung (= 100% - Verhältnis für metallischen Kontakt). Das Ölfilm-Bildungsverhältnis der fertigbearbeiteten Oberfläche des Lagers nach der vorliegenden Erfindung war anfänglich etwa 40% höher als bei dem bekannten Lager.

Es wurde ferner bestätigt, daß sich ein Ölfilm in etwa 1,5 Stunden nach Beginn des Tests (wenn die Last  $1,8 \cdot 10^5$  mal aufgebracht war) vollständig ausbildete.

Während zahlreiche Abplatzungen von etwa 0,2 mm Länge an der fertigbearbeiteten Oberfläche des bekannten Lagers beobachtet wurden, zeigten sich keine solche Abplatzungen an der fertigbearbeiteten Oberfläche des erfindungsgemäßen Lagers.

## Patentansprüche

1. Wälzlager zur Verwendung in Kompressoren für Klimageräte, mit Wälzkörpern und Lagerringen, dadurch gekennzeichnet, daß die Wälzkörper oder die Lagerringe an ihrer Oberfläche mit einer Vielzahl von unabhängigen, willkürlich verteilten, winzigen Ausnehmungen versehen sind, daß diese Oberfläche ein Verhältnis  $RMS(L)/RMS(C)$  von höchstens 1,0 hat, wobei  $RMS(L)$  die Oberflächenrauheit in der Axialrichtung und  $RMS(C)$  die Oberflächenrauheit in der Umfangsrichtung ist, daß der SK-Wert, der die Schiefe der Kurve für Amplitudenverteilung der Oberflächenrauheit repräsentiert, kleiner als Null ist, und daß das Verhältnis der Gesamtfläche der winzigen Ausnehmungen zu der gesamten Oberfläche zwischen 10 und 40% liegt.

2. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der äquivalente Kreisdurchmesser der winzigen Ausnehmungen höchstens 150  $\mu m$  beträgt und daß die mittlere Fläche der winzigen Ausnehmungen, errechnet oder gemessen unter Ausschluß von Ausnehmungen mit einem äquivalenten Kreisdurchmesser von höchstens 3 Hm, 35 bis 150  $\mu m^2$  beträgt.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

FIG. 1

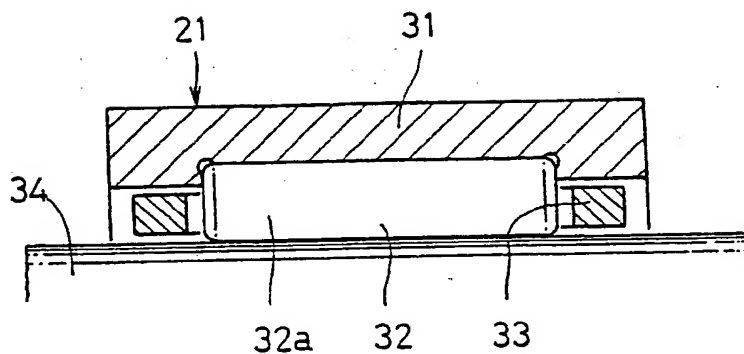
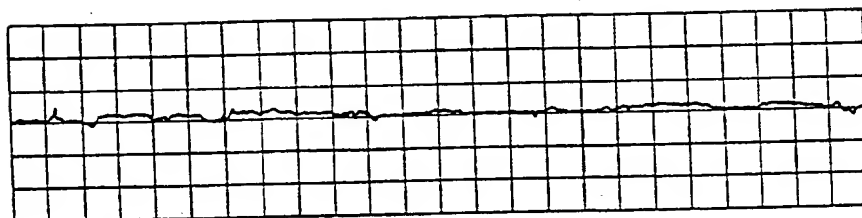
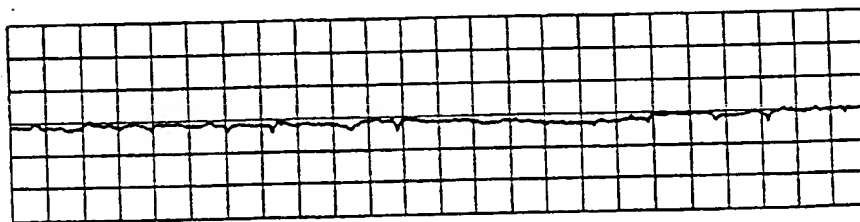


FIG. 2



Beispiel für Messung  
der Oberflächenrauheit  
(in Axialrichtung)

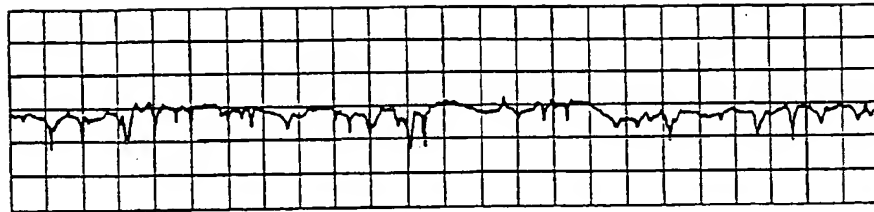
x 1000  
x 100



Beispiel für Messung  
der Oberflächenrauheit  
(in Umfangsrichtung)

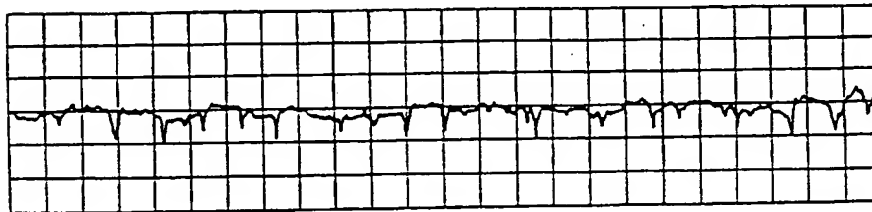
x 1000  
x 100

FIG. 3



Beispiel für Messung  
der Oberflächenrauheit  
(in Axialrichtung)

↑ x 1000  
→ x 100



Beispiel für Messung  
der Oberflächenrauheit  
(in Umfangsrichtung)

↑ x 1000  
→ x 100

FIG. 4

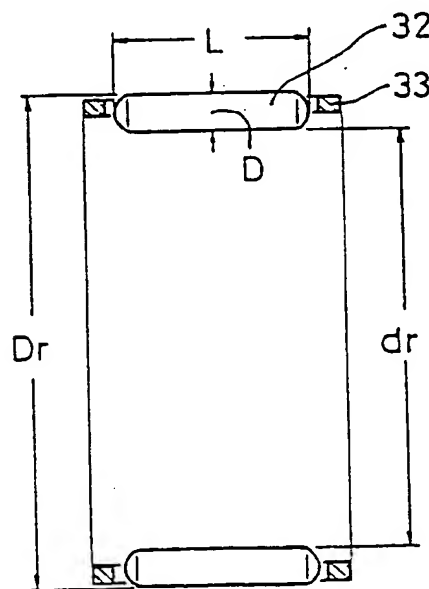


FIG. 6

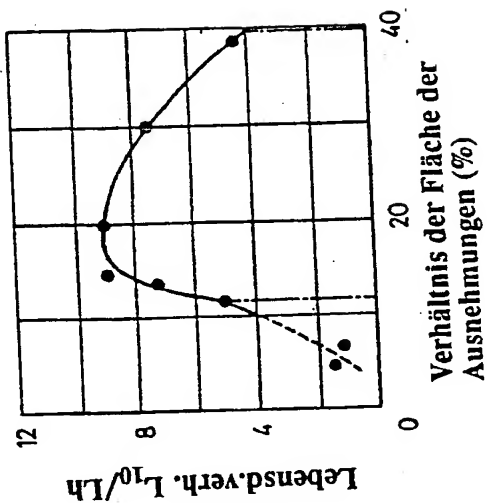


FIG. 7

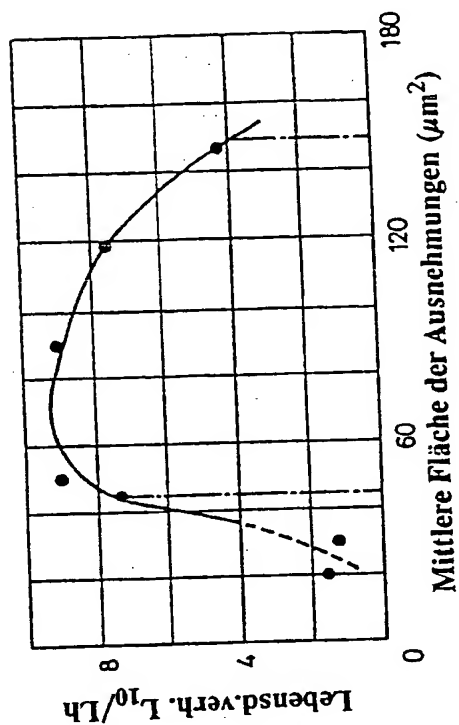


FIG. 5

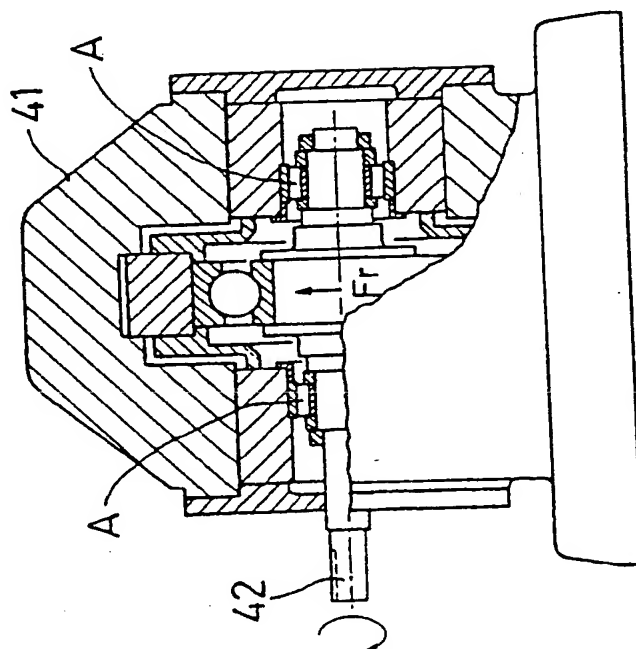




FIG. 8

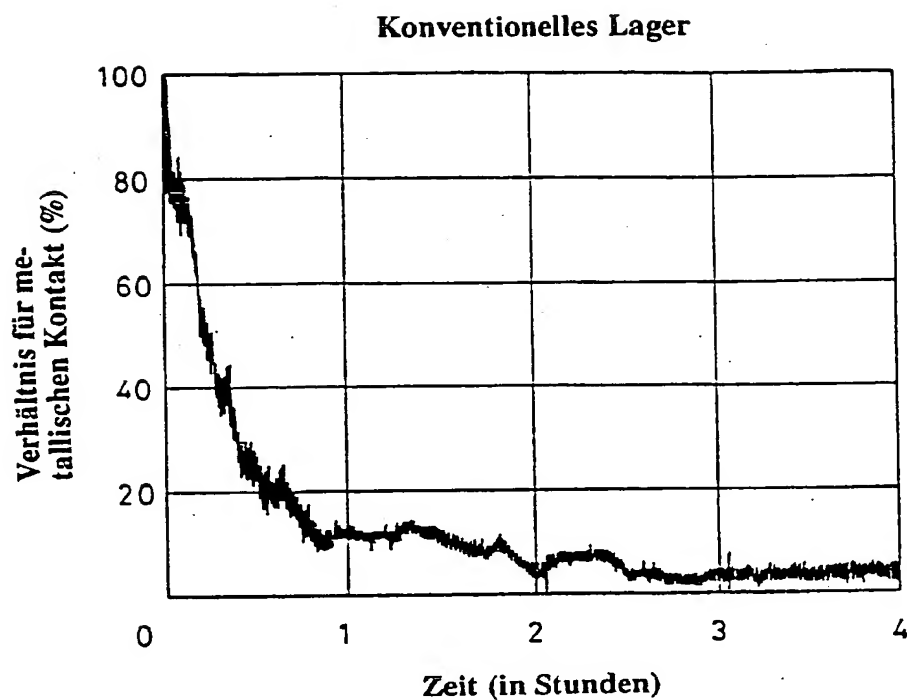
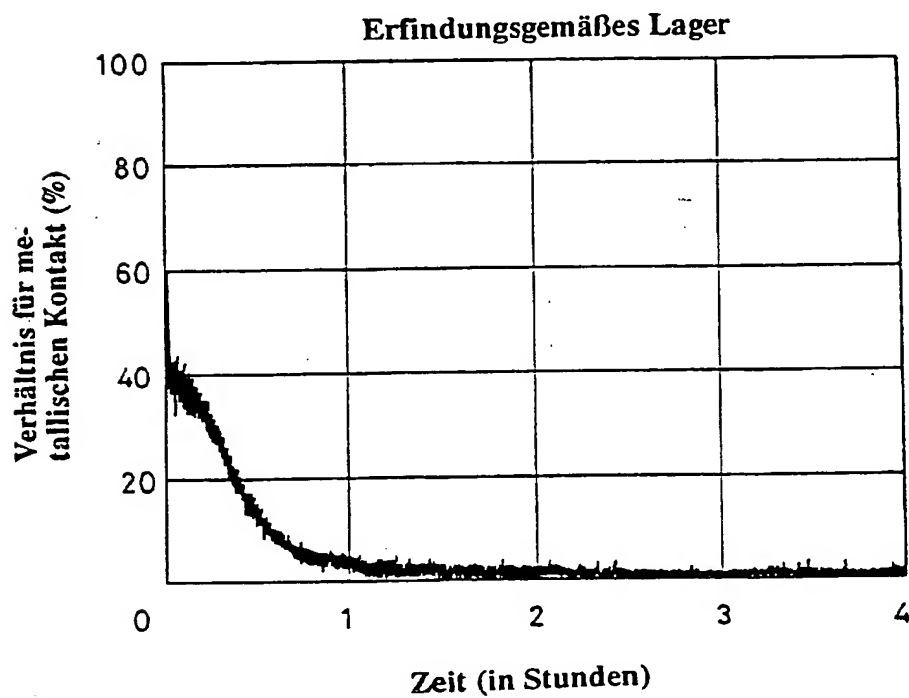


FIG. 9



208 036/384

BEST AVAILABLE COPY

FIG. 10

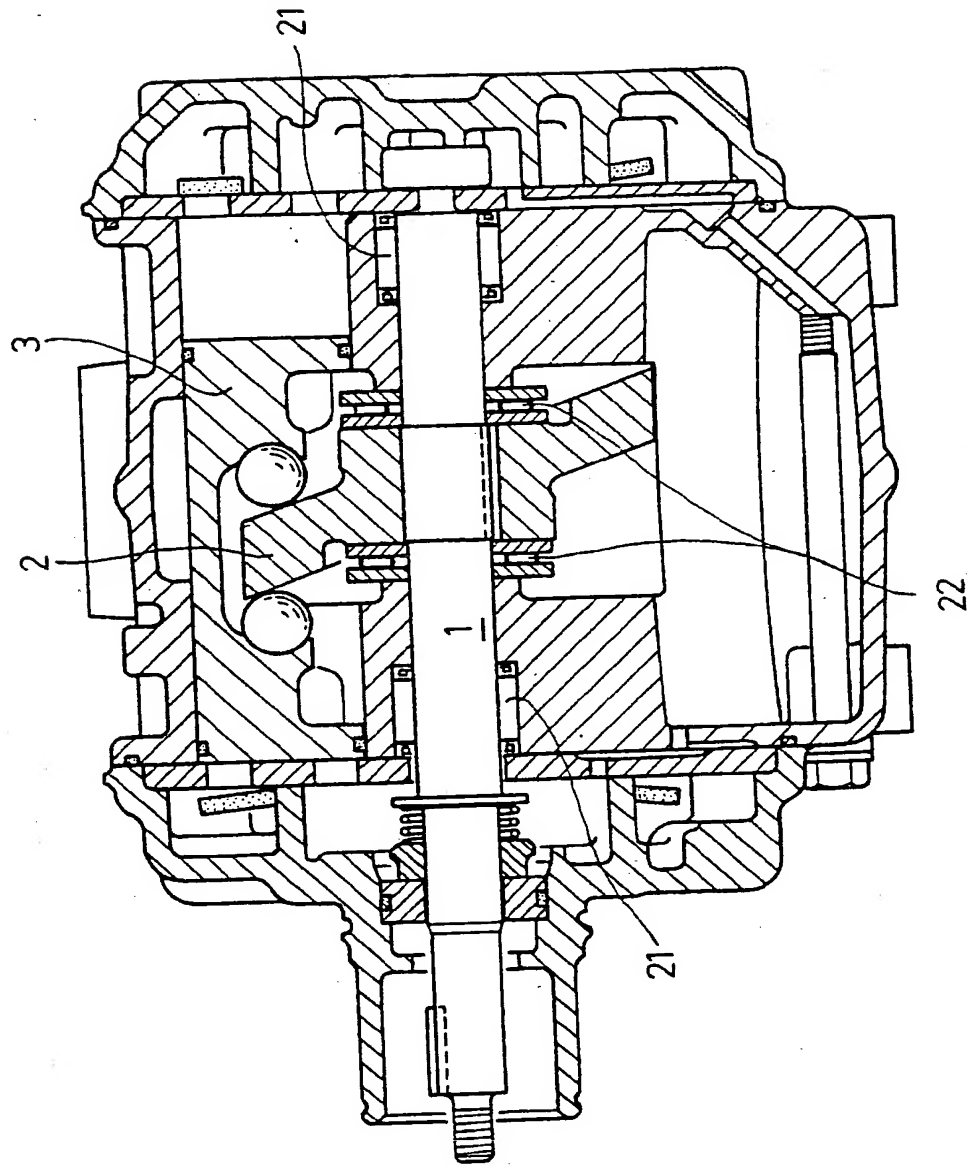


FIG. 11

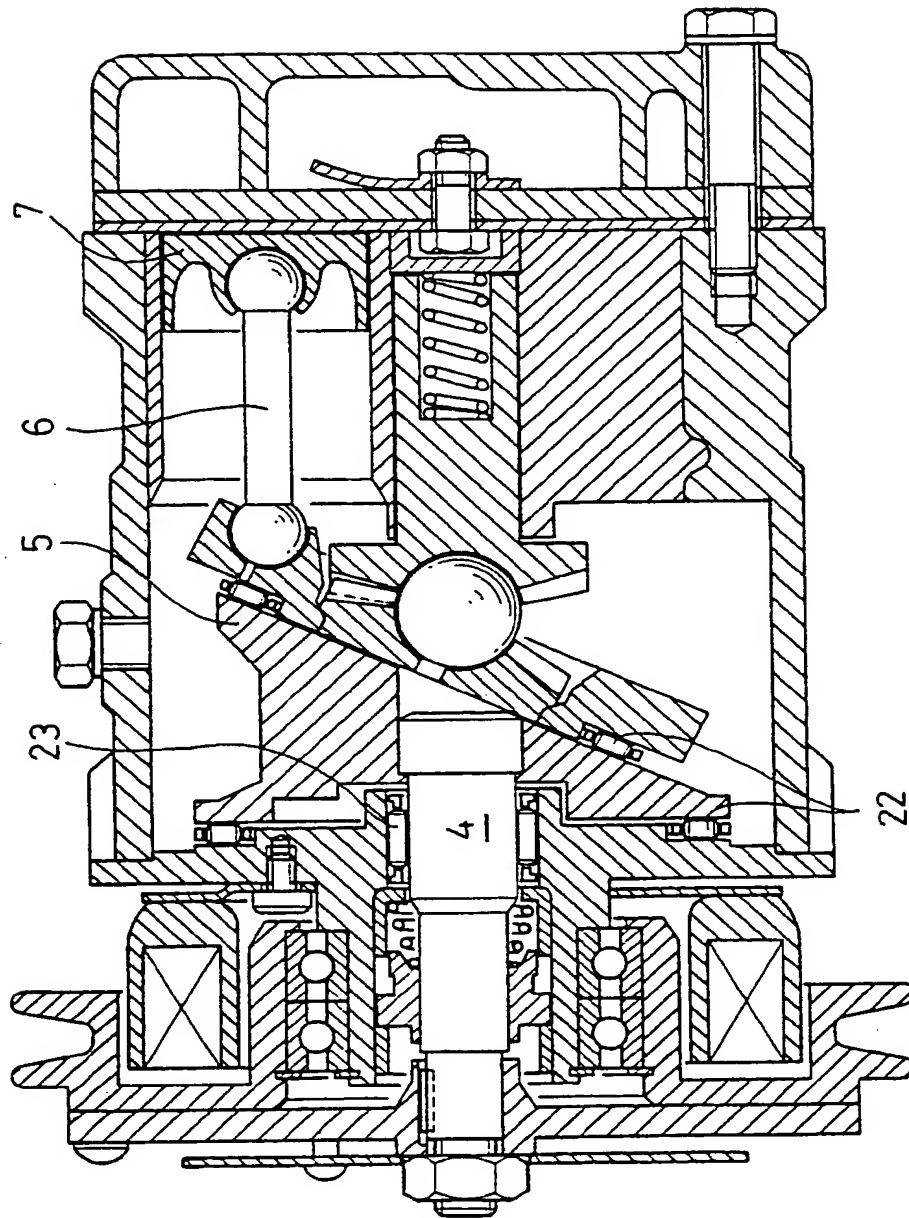


FIG. 12

